

EFFECTO DE LA CALIDAD DE PLANTA EN LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE *Pinus patula* EN UN ÁREA QUEMADA

G. Sosa-Pérez¹; D. A. Rodríguez-Trejo²

¹División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. México.

²División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. E-mail: dantearturo@yahoo.com

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la aclimatación de *Pinus patula* Schl. et Cham., plantado en dos ambientes en Chignahuapan, Puebla. El primer ambiente fue una masa de baja densidad de *Pinus teocote* Schl. et Cham. y *Pinus patula*. El segundo ambiente fue el mismo tipo de masa pero quemado de manera prescrita. Se probó la aclimatación de árboles de cuatro clases de altura un año después de la plantación, considerando supervivencia, crecimiento en altura y diámetro, biomasa y concentración foliar de nitrógeno y fósforo. Un año después (junio de 2002), la supervivencia fue igual a 92 y 94% para las localidades quemada y no quemada, respectivamente. Esta variable no fue afectada por los factores tratamiento de quema, clase de altura e interacción. De entre las cuatro clases evaluadas, la planta pequeña y la mediana de las áreas quemada y no quemada, exhibieron la mayor tasa relativa de crecimiento en altura, y el mayor incremento en altura correspondió a la planta chica del área no quemada. La planta más grande del área no quemada, tuvo la mayor tasa relativa de crecimiento en diámetro, así como la mayor biomasa de raíces laterales. La concentración de nitrógeno foliar fue menor en los sitios quemados, probablemente debido a la volatilización. No hubo diferencias en fósforo.

PALABRAS CLAVE: fuego, quema prescrita, reforestación, tamaño de planta.

EFFECT OF SEEDLING QUALITY ON SURVIVAL AND GROWTH OF *Pinus patula* IN A BURNED AREA

SUMMARY

This study evaluated the performance of *Pinus patula* Schl. et Cham. planted in two environments in Chignahuapan, Puebla, Mexico. The first environment was a low-density *Pinus teocote* Schl. & Cham. and *P. patula* stand. The second was the same stand after a prescribed low-intensity burn. Acclimatation of four height classes were tested one year after planting date, considering survival, growth in height and diameter, biomass and levels of foliar nitrogen and phosphorous. One year later (June 2001), survival of 92 and 94% for the burned and non-burned sites, respectively, was found. This variable was not affected by the factors treatment, height class, or their interaction. The small and middle size plants from both the burned and non-burned areas had the highest relative height growth rate, and the small plants in non-burned areas had the largest height increment. The largest plant in the non-burned area had the highest relative diameter growth rate, and also the highest lateral root biomass. Foliar nitrogen was lower in the burned sites, probably due to volatilization. No effects were found for phosphorous.

KEY WORDS: fire, prescribed burning, reforestation, seedling size

INTRODUCCIÓN

En la producción de planta, uno de los principales objetivos es obtener plantas de calidad para lograr buena supervivencia en la plantación. El control de la calidad debe visualizarse de dos formas: la primera, con relación a alcanzar ciertos estándares morfológicos y fisiológicos en el vivero; y la segunda, consiste en comprobar estadísticamente tales estándares en campo (Duryea, 1990; Fierros *et al.*, 2001).

A pesar de la importancia de la comprobación en campo, esta actividad es poco practicada en nuestro país. Ante tal situación, en el presente estudio se evaluó el desempeño de una plantación con *Pinus patula* Schl. et Cham. ubicada en Chignahuapan, Puebla. El objetivo del trabajo fue evaluar el diámetro y la altura iniciales (al momento de plantación) de los brinzales como indicadores morfológicos de calidad de planta en un área quemada y en otra no quemada, estimando la aclimatización de la plantación en términos de supervivencia, crecimiento en

altura, diámetro, biomasa y el nivel de nitrógeno y fósforo foliares.

Especie en estudio

Pinus patula, se encuentra en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Puebla, Veracruz, Oaxaca, San Luis Potosí, Tlaxcala, y el Distrito Federal (Perry, 1991). Se desarrolla en lugares templados y semicálidos, de preferencia, húmedos (Martínez, 1992). El intervalo altitudinal donde se encuentra *Pinus patula*, es de 1,500 a 3,100 msnm y se desarrolla mejor en sitios con buen drenaje (Perry, 1991). El clima en el cual se desarrolla esta especie, corresponde a los subtipos C(fm) y C(w); templados húmedos y templados subhúmedos con lluvias en verano. La precipitación es variable, de 600 a 2,500 mm, normalmente los mejores rodales se encuentran entre 1,000 a 1,400 mm anuales (Eguiluz, 1978).

Esta especie coloniza áreas abiertas (Vela, 1980; Rzedowski, 1983), con densidades de 600 a 50,000·ha⁻¹ o más en diferentes condiciones (Vela, 1980; Mastache, 1988).

Vela y Hernández (1968), determinaron que la especie es semitolerante, y que una cobertura de dosel mayor del 50 %, comienza a ser perjudicial para la planta. (Vela, 1980; Rodríguez y Fulé, 2003), mencionan que el efecto del fuego parece ser importante en la conservación del bosque de esta especie.

Quemas prescritas

La quema prescrita, es la aplicación relativamente controlada del fuego a combustibles silvestres, en su estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas que llevan a confinar el fuego en un área determinada y, al mismo tiempo, producir una intensidad calorífica y tasa de propagación requerida para atender objetivos planeados de manejo de recursos naturales (Chandler *et al.*, 1983). Entre sus usos está la preparación del sitio para la plantación, pues abre espacio de crecimiento, reduciendo temporalmente competencia interespecífica aérea, facilita el acceso y aporta nutrientes a través de las cenizas.

Algunos elementos se pierden directamente durante la quema por el vuelo de cenizas acarreadas por el viento, o por su volatilización. Este último es el caso del nitrógeno y el azufre. Asimismo, después del paso de las llamas se incrementan erosión y lixiviación, se merma la materia orgánica, hay cambios en las actividades microbianas, hay efectos en la conversión de nutrimentos a formas disponibles y efectos en la habilidad de los árboles para competir exitosamente por ellos (DeBano *et al.*, 1998; Borchers y Perry, 1990; McNabb y Cromack, 1990).

Calidad de planta

Duryea (1985) define a una planta de calidad como aquella que reúne las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir y crecer satisfactoriamente en las condiciones ambientales del lugar donde será plantada.

Por su parte, Johnson y Cline (1991), incluyen en el término "alta calidad" aspectos económicos; la mejor planta es aquella que se puede producir a un bajo costo, además de que se ajuste a la preparación del sitio y al sistema de plantación, con capacidad de sobrevivir y crecer bien después del transplante.

Entre los indicadores morfológicos están altura, diámetro y biomasa. A partir de los anteriores se calculan índices como la relación biomasa aérea entre biomasa subterránea y el índice de esbeltez. La relación biomasa aérea entre biomasa subterránea, representa la proporción entre el tejido evapotranspiracional o productor y el tejido absorbedor de agua y nutrientes (raíces). El índice de esbeltez se obtiene dividiendo la altura de la plántula (cm) entre el diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm). El valor más bajo indica una planta más robusta y por lo tanto, con menos probabilidad de daño físico (Fierros *et al.*, 2001). Los indicadores fisiológicos incluyen concentración de nutrientes, concentración de carbohidratos, y tensión hídrica, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se localiza en el estado de Puebla, en el Ejido Chignahuapan, en las inmediaciones de Chignahuapan, Pue. El rodal donde se ubican las parcelas se encuentra en las coordenadas 19° 51' 00" de latitud norte y 98° 05' 00" longitud oeste (INEGI, 1984). El clima de la zona de estudio corresponde al tipo C(w₂) (w) b₍₁₎, perteneciente al grupo de climas templado lluviosos y dentro de éstos al templado subhúmedo, con abundantes lluvias en verano y escasas en invierno. La precipitación media anual en Chignahuapan es de 1,096 mm, con el 85 % de las lluvias de mayo a octubre (García, 1981).

El área de estudio se encuentra a 2,260 msnm, sobre una pendiente de 8 %. Los suelos dominantes, con base en la clasificación FAO-UNESCO, son los luvisoles órticos (INEGI, 1984).

La vegetación se caracteriza por ser un bosque poco denso de pino, donde predominan las especies *P. teocote* y *P. patula*. Los estratos herbáceo y arbustivo se constituyen

principalmente por zacates del género *Muhlenbergia*, y en menor medida arbustos como *Quercus repanda*, especie muy ramificada y rizomatosa, que generalmente no es mayor de un metro de alto, además *Ceanothus* y *Senecio*.

Establecimiento del experimento

El experimento fue factorial. Se analizó el efecto de dos factores: Tratamiento de quema y calidad de planta, considerada como altura de la misma. Para el primer factor se tuvieron dos niveles, aplicación y no aplicación de quema. Para el segundo factor se tuvieron cuatro niveles, donde el criterio de clasificación fue la altura: planta chica, mediana, grande y más grande (respectivamente, hasta 14, 15-29, 30-54 cm y mayor o igual a 54 cm). Estas categorías se eligieron con base en material disponible en vivero. La quema prescrita se llevó a cabo en marzo de 2001. Se trató de una quema en contra del viento, sobre terreno casi plano, cubriendo una hectárea. Las características de la quema prescrita se refieren en el Cuadro 1, donde puede apreciarse que fue razonablemente uniforme. La intensidad se estimó a partir del largo de llama, con el modelo de Alexander (1982). Los combustibles en disco fueron preponderantemente zacates, con cargas estimadas en 12-15 t·ha⁻¹. En junio del mismo año se plantó en las dos áreas. Las unidades de muestreo fueron líneas, con árboles plantados (5-10), distribuidas al azar, tanto en el área quemada como en la no quemada.

CUADRO 1. Características de la quema prescrita.

Fecha:	15 de marzo de 2001
Hora de inicio:	9:00 h
Hora de finalización:	10:10 h
Superficie tratada:	1 ha
Forma de la parcela:	Cuadrada
Técnica de quema:	En contra del viento
Tiempo atmosférico al inicio:	
Dirección del viento:	SO
Velocidad del viento:	5 km·h ⁻¹ (en contra)
Temperatura de bulbo seco:	19 °C
Temperatura de bulbo húmedo:	9 °C
Humedad relativa:	42 %
Comportamiento del fuego:	
Largo de llama promedio:	1.7 m
Intervalo de largo de llamas:	1 – 2.5 m
Intensidad promedio:	823 kW m
Intervalo de intensidades:	259 - 1904 kW m
Velocidad promedio de propagación:	1.4 m/min
Intervalo de velocidad de propagación:	0.6 – 2.3 m/min

La distancia entre plantas fue de 2 m y la distancia entre líneas fue variable, pero nunca menor a 3 m. La planta

de *Pinus patula* utilizada fue de un año de edad, y producida en el vivero ejidal de Chignahuapan. La procedencia de la semilla fue el Ejido Chignahuapan, Pue. El total de árboles en todo el experimento fue igual a 256.

Mediciones

Cada planta fue etiquetada al momento de la plantación, y se le midió altura y diámetro. La segunda medición se realizó en el mes de junio del año 2002 (un año después) y en cada una de las plantas y unidades experimentales se tomaron las siguientes variables: Altura (cm, desde el cuello de la raíz hasta la punta de la yema apical, con flexómetro), diámetro (mm, cuello de la raíz, con vernier). Otras variables fueron:

$$\begin{aligned} \text{Tasa relativa de crecimiento (TRC) en altura} \\ &= (\text{altura 2} - \text{altura 1}) / 1 \text{ año} \\ &= \text{altura 2} - \text{altura 1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de incremento (PI) en altura} \\ &= ((\text{altura 2} - \text{altura 1}) / \text{altura 1}) (100) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tasa relativa de crecimiento (TRC) en diámetro} \\ &= (\text{diámetro 2} - \text{diámetro 1}) / 1 \text{ año} \\ &= \text{diámetro 2} - \text{diámetro 1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de incremento (PI) en diámetro} \\ &= ((\text{diámetro 2} - \text{diámetro 1}) / \text{diámetro 1}) (100) \end{aligned}$$

Donde: 2 significa medición al año de establecida la plantación y 1 al momento de la plantación.

Para el análisis de biomasa, se extrajeron tres plantas por categoría de altura y tratamiento de quema, sumando un total de 24 plantas en las dos áreas. La planta se separó en raíz principal, raíces secundarias, tallo y follaje. Cada parte se secó en un horno a 85 °C, hasta obtener un peso constante (anhidro). Con estos datos se obtuvo la biomasa del follaje, el tallo, la raíz principal y raíces laterales, y se calcularon las biomásas aérea, subterránea y total.

Con relación en la concentración de nutrientes, se determinó el contenido de nitrógeno y fósforo foliares en una planta por categoría de tamaño en ambas áreas, sumando un total de ocho muestras. El análisis se realizó en el Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo. La metodología utilizada para el nitrógeno fue mediante digestado con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor (Kjeldahl). Para el fósforo, se realizó un digestado con mezcla diácida y fue determinado por Focolorimetría por reducción con Molibdo-Vanadato.

La supervivencia se obtuvo por categoría de planta, tratamiento y en general.

Diseño experimental

Correspondió a un completamente al azar, desbalanceado, con arreglo factorial. Se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = Es la respuesta de la unidad experimental con el i-ésimo nivel del factor quema y el j-ésimo nivel del factor calidad de planta.

μ = Es la media general.

α = Efecto del i-ésimo nivel del factor quema.

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor calidad de planta.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor quema y el j-ésimo nivel del factor calidad de planta.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

El nivel de nutrientes para el follaje sólo se analizó con respecto al tratamiento de quema o no quema.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS, 1997 (Statistical Analysis System), versión 6.12 para microcomputadora. Se realizó un análisis de varianza con `proc glm`.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia

Los resultados indican una supervivencia general de 93 %, así como un 92 % para el área quemada, y 94 % para la no quemada, sin diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.8779$), ni entre las categorías de tamaño ($p=0.1801$), resultando además una interacción no significativa entre ambos factores ($p=0.2931$).

Ángeles (1995) estudió el efecto de la vegetación competidora sobre el desarrollo inicial de *Pinus patula* Schl. et Cham. de dos años de edad, naturalmente repoblado, en la región forestal de Zacualtipán, Hidalgo. El control de la vegetación competidora permitió el mayor crecimiento de los brinzales en diámetro basal y altura total. Sin embargo, no se encontró una tendencia clara de la supervivencia de las plantas como resultado de la eliminación de las malezas. Debe tenerse presente que la susceptibilidad a la competencia interespecífica varía con la especie. Por ejemplo, en el sureste

de los Estados Unidos el *Pinus palustris* Mill. plantado, tiene mayor mortalidad cuando compite con zacates (Rodríguez *et al.*, 2003). Así mismo, dado que la competencia interespecífica entre los árboles, zacates y arbustos generalmente es importante durante los primeros cinco años, es probable que en tanto se alcanza ese plazo la planta, particularmente la de menor porte, pueda ser afectada por el tipo de competencia mencionado.

Concentración de Nutrientes

Para la variable nitrógeno, el tratamiento resultó con diferencias significativas ($p=0.0314$), señalando a las muestras del área no quemada con la mayor concentración de nitrógeno foliar, con un promedio de 1.27 %, en comparación al área quemada cuyo promedio es de 1.03 %. En ambos tratamientos la concentración de fósforo fue igual a 0.14 %.

Existe abundante literatura que se refiere al enriquecimiento del suelo con cationes de las cenizas en áreas quemadas, por ejemplo, Wright y Bailey (1982) y Robbins y Myers (1992). Sin embargo, la explicación de los menores niveles de nitrógeno foliar en las plantas que se establecieron sobre el sitio quemado, puede radicar en que tal elemento se volatiliza del suelo a temperaturas relativamente bajas, del orden de 175 a 300 °C, según refieren Agee (1993) y DeBano *et al.* (1998). De manera que este déficit se puede reflejar en el follaje. Cabe señalar que dicho efecto tenderá a atenuarse con el tiempo, pues las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno se recuperan el primer año o al cabo de unos pocos años, según se ha apreciado en otros ecosistemas, con *Pinus sylvestris*, *Picea* o *Abies*, acorde con Viro (1974).

Maycotte (2002) realizó una investigación en Zacualtipán, Hidalgo, en un bosque de *Pinus patula* que fue afectado por un incendio en febrero de 1998. En ese caso el incendio no modificó la textura, pH, ni la concentración del nitrógeno orgánico del suelo. La concentración de nutrimentos en los brinzales que aparecieron en los sitios quemados fue mayor con respecto a los sitios no quemados, comportamiento que se mantuvo durante la estación de crecimiento, aunque las diferencias entre sitios tienden a disminuir con el tiempo.

Las diferencias en las concentraciones nutrimentales en plantas y suelo en distintas referencias, pueden deberse a la intensidad del fuego, a la época en que ocurre, al tipo de suelo, así como a la época en que se hacen las mediciones y al tiempo que media entre el incendio y éstas, además de los nutrimentos considerados (volatilizables a diferentes temperaturas).

Kozlowski y Pallardy (1997), mencionan que a pesar de las grandes pérdidas de nitrógeno por combustión, este nutrimento es rápidamente adicionado al suelo por

precipitación, por el incremento en la actividad de los microorganismos y por la fijación del mismo.

Altura

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los factores tratamiento ($p=0.0001$) y categoría ($p=0.0001$). Sin embargo, la interacción de ambos no resultó significativa ($p=0.5313$). Las medias para el área quemada y no quemada fueron 49.3 y 55 cm, respectivamente (Figura 1); en tanto que los promedios por categoría de tamaño, de la menor a la mayor, fueron: 34, 37.7, 54.3 y 82.6 cm (Figura 2).

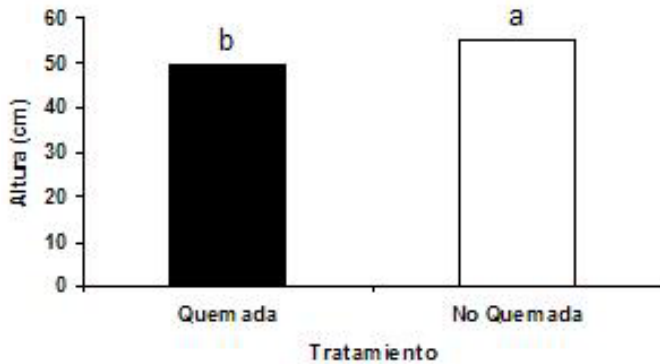


Figura 1. Altura media de los brinzales por tratamiento a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

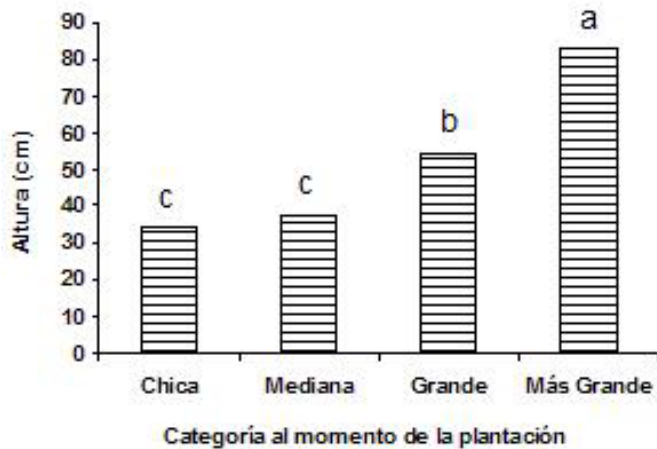


Figura 2. Altura media de los brinzales por categoría a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Para la tasa relativa de crecimiento en altura, tanto en tratamiento ($p=0.0001$) como en categoría ($p=0.0001$), se presentaron diferencias significativas, pero no así para la interacción de estos factores ($p=0.8616$). Las medias para las áreas quemada y no quemada fueron 15 y 20 cm, respectivamente (Figura 3); en tanto que los promedios por

categoría de tamaño, de la menor a la mayor, fueron: 21.7, 18.5, 15.1 y 14.1 cm (Figura 4). Estos valores indican que la planta chica presentó la mayor TRC, la cual disminuye a medida que la categoría de planta es mayor.

Para el porcentaje de incremento en altura, la interacción entre los factores tratamiento y categoría ($p=0.0651$) se consideró significativa (Figura 5). En la prueba de comparación de medias, el valor más alto es para la planta chica del área no quemada, con un valor de 206 %. La otra categoría con mayor incremento es la planta chica del área quemada, con un valor de 163 %. En esta interacción se aprecia que tanto la planta del área quemada como la no quemada tienden a reducir su incremento en altura conforme corresponden a categorías de tamaños mayores.

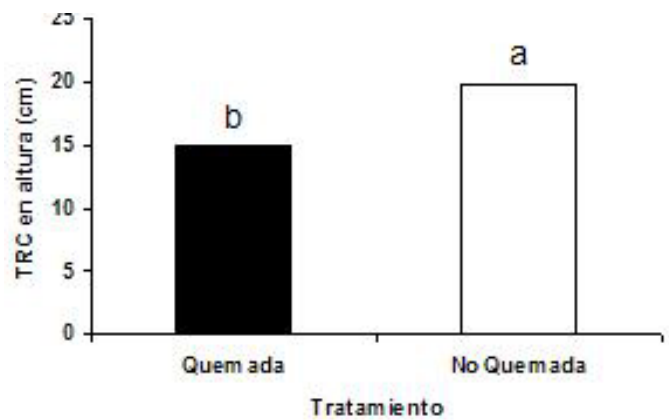


Figura 3. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en altura por tratamiento a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Asimismo, excepto por las categorías grande y más grande, el incremento es mayor en el sitio no quemado, lo que indica que la categoría grande posiblemente representa un límite en términos de incremento en altura para el lote de plantas estudiado.

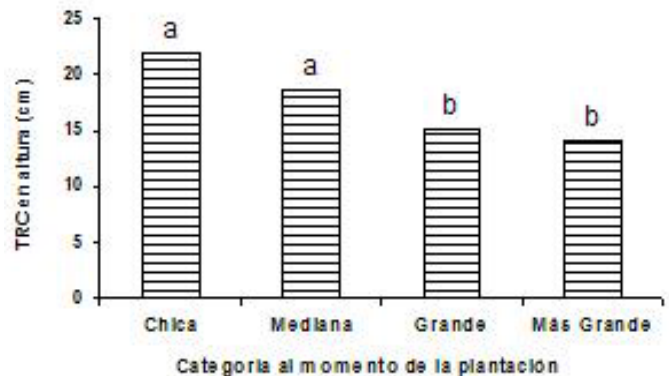


Figura 4. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en altura por categoría al año de plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

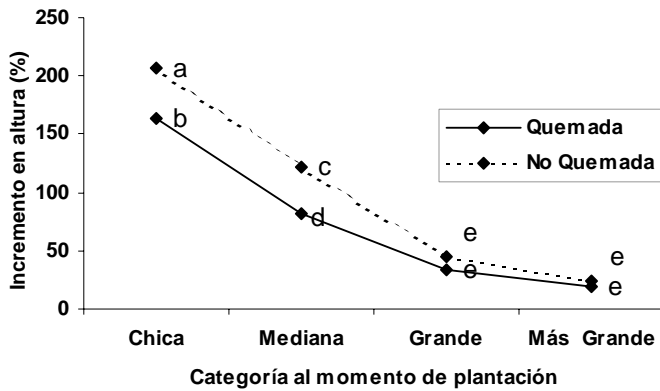


Figura 5. Incremento en altura (%) por categoría y tratamiento a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Las diferencias en altura promedio registradas a favor de las plantas del área no quemada, pueden ser en parte atribuibles a la influencia del mayor nivel de nitrógeno. De acuerdo con Pritchett (1986), el nitrógeno es uno de los elementos nutritivos más abundantes en el ecosistema forestal y, al mismo tiempo, es el elemento que con más frecuencia limita el crecimiento de los árboles. Binkley (1993), menciona que la disponibilidad del nitrógeno limita el crecimiento de la mayoría de los bosques, en numerosas regiones.

Es posible también, como lo mencionan Brissette y Carlson (1987), que una alta densidad de plantas produce un alargamiento del tallo como respuesta a la competencia. Lo anterior puede explicar que la competencia aérea de zacates principalmente y de arbustos del área no quemada, pudo influir en una mayor ganancia de altura en las plantas chicas, en comparación a las mismas del área quemada, con menor competencia por luz.

Los resultados del presente trabajo muestran algunas semejanzas y diferencias a otro realizado por Evans (1996), quien consideró cuatro categorías de altura iniciales de *Eucalyptus deglupta* Bl. en un sitio de plantación. El autor encontró que a mayor altura inicial se tuvo mejor supervivencia un año después, pero que la altura al año de la plantación tendió a ser semejante para todas las categorías. Esta última tendencia fue parecida en el presente trabajo.

Diámetro en la base

Para la variable diámetro en la base, se presentaron diferencias significativas en los tratamientos ($p=0.0057$) y categorías ($p=0.0001$), pero no así para su interacción ($p=0.3023$). Las medias para el área quemada y no quemada fueron 7 y 7.5 mm, respectivamente (Figura 6); en tanto que los promedios por categoría de tamaño, de la menor a la mayor, fueron: 5.9, 6.1, 6.9 mm (sin diferencias entre sí) y 10.1 mm (Figura 7).

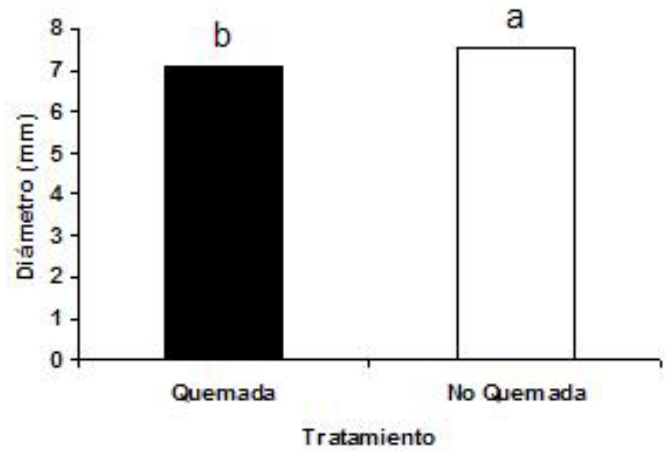


Figura 6. Diámetro promedio de los brinzales por tratamiento a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

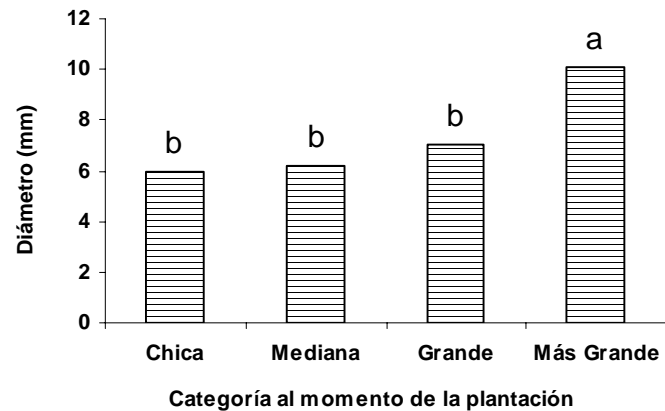


Figura 7. Diámetro promedio de los brinzales por categoría a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

La tasa relativa de crecimiento en diámetro, mostró una interacción significativa entre los factores tratamiento y categoría ($p=0.0150$). No hubo diferencias entre categorías en el tratamiento de no quema. A su vez, estas últimas fueron superiores a todas las categorías del tratamiento con quema, a excepción de la planta chica (Figura 8). En la interacción, se aprecia que los valores de crecimiento en el área quemada tienden a disminuir a medida que aumenta el tamaño de la planta.

Para el incremento en diámetro, los resultados también indicaron diferencias significativas en la interacción entre tratamiento y categoría ($p=0.0107$). Las categorías con mayores valores fueron la planta chica y la mediana del área quemada, con 137 %, y la planta chica del área no quemada, con 126 %. En la interacción (Figura 9), se observa que en ambos tratamientos el incremento en diámetro disminuye a medida que la planta es más grande. El área no quemada presentó mayores incrementos.

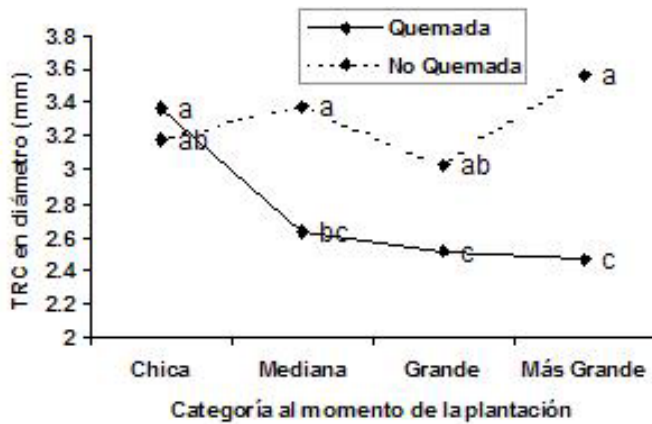


Figura 8. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en diámetro por categoría y tratamiento a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

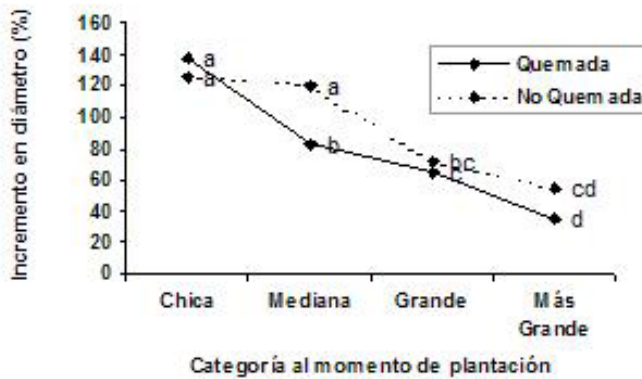


Figura 9. Incremento (%) en diámetro por categoría y tratamiento a un año de la plantación.

Mexal y Landis (1990), sostienen que la nutrición es un factor importante que influye en el diámetro de las plántulas de algunas especies de coníferas. Van den Driessche (1982), encontró que el diámetro de algunas especies, se vio aumentado al incrementar la cantidad de fertilización nitrogenada. Lo anterior puede explicar los mayores diámetros observados en el área no quemada, donde se apreciaron mayores concentraciones foliares de nitrógeno.

En las Figuras 8 y 9 no se aprecian diferencias en crecimiento o incremento en diámetro para la planta chica entre sitios quemados y no quemados, pero sí para una o más de las categorías de mayor tamaño, con mayor crecimiento o incremento en las localidades no quemadas, lo que puede deberse a que si bien al estar entre zacatonal hay competencia para el árbol, éste se encuentra en una localidad más protegida ante factores limitativos como viento o heladas. Esto puede apreciarse mejor en categorías de tamaño mayores porque generalmente son mejores competidoras que las plantas pequeñas.

Biomasa

Para la biomasa total, los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.3290$), lo contrario del factor categoría ($p=0.0001$). La interacción de ambos no fue significativa ($p=0.4993$). La categoría más grande presenta la mayor biomasa anhidra total, con una diferencia significativa en relación a las otras, que a su vez no presentan diferencias entre sí (Cuadro 2).

Para el caso de las biomásas aérea, subterránea, del follaje, del tallo y de la raíz principal, los resultados son similares, sin diferencias significativas entre tratamientos, pero con ellas entre categorías, donde la más grande presenta la mayor biomasa anhidra, con diferencias significativas en relación a las otras (Cuadro 2).

La interacción tratamiento y categoría resultó significativa para la biomasa de raíces laterales ($p=0.0172$). En todas las categorías de tamaño, excepto la más grande, no se aprecia diferencia entre los tratamientos de quema y no quema. En la categoría más grande, la biomasa de las raíces laterales fue mayor en el área no quemada (3.9 g) que en la quemada (2.9 g) (Figura 10).

La mayor biomasa aérea y subterránea de las plantas más grandes implica ventajas competitivas con los zacates, por nutrientes y agua, así como por radiación solar, respectivamente. Es probable que la mortalidad debido a la competencia aumente en las categorías más pequeñas el próximo o los próximos dos o tres años, pero no sea así con la planta más grande.

CUADRO 2. Biomasa (g) por categoría de tamaño.

Categoría	Follaje	Tallo	Subtotal aérea	Raíces laterales	Raíz principal	Subtotal subterránea	Total
Chica	4.5 b	2.7 n	7.2 b	0.9 b	0.5 b	1.4 b	8.7 b
Mediana	4.1 b	2.8 b	6.9 b	1.0 b	0.4 b	1.4 b	8.3 b
Grande	4.7 b	4.5 b	9.3 b	1.1 b	0.7 b	1.8 b	11.2 b
Más grande	11.3 a	15.9 b	27.2 a	3.4 a	3.4 a	5.8 a	33.0 a

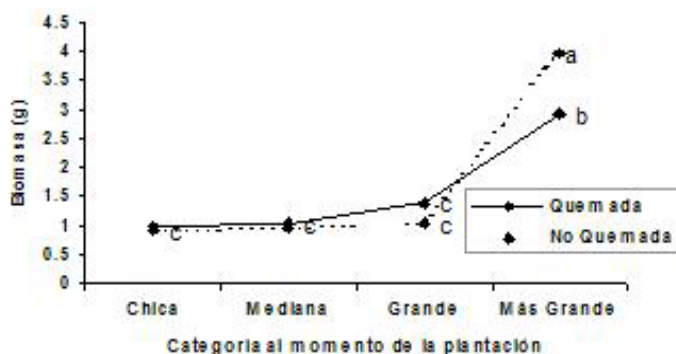


Figura 10. Biomasa anhidra de raíces laterales por categoría y tratamiento a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Debe destacarse que el área quemada exhibe un ambiente subterráneo en el que aunque el fuego eliminó la parte aérea del sotobosque, y temporalmente la competencia por luz, la parte subterránea está viva, facilitó el rebrote y por ello sus raíces también compiten por nutrientes y agua.

Estos resultados son consistentes para el crecimiento en diámetro. Según Johnson *et al.* (1985), el diámetro comúnmente se relaciona con la resistencia de las plantas y el tamaño del sistema radical. Asimismo, una menor disponibilidad de nutrientes causada por la competencia implica el desarrollo de sistemas radicales más extensos (Binkley, 1993), como posiblemente sucedió a la planta más grande en el área no quemada, en comparación con la misma categoría en el área quemada, donde hubo mayor disponibilidad de nutrientes en forma de cenizas, y donde la biomasa de raíces laterales fue menor.

Landsberg y Gower (1997), mencionan que la proporción de carbohidratos que son enviados a las raíces es mayor cuando el agua y los nutrientes son limitados, pues entre más grande sea el sistema radical, hay mayor posibilidad de explorar el suelo por nutrientes y captar agua.

CONCLUSIONES

A un año de realizada la plantación, la supervivencia no fue afectada por los factores tratamiento (quema y no quema) categoría de altura e interacción entre tales factores. Los brinzales del área no quemada obtuvieron mayor crecimiento en diámetro y altura con respecto a las plantas establecidas sobre el área quemada.

La planta chica y la mediana registraron la mayor tasa relativa de crecimiento en altura. El mayor porcentaje de incremento en altura lo tuvieron las plantas chicas del área no quemada. La planta más grande del área no quemada presentó la mayor tasa relativa de crecimiento en diámetro.

Para el porcentaje de incremento en diámetro, la planta chica de ambas áreas y la mediana de la no quemada, obtuvieron los mayores resultados. La biomasa total, de raíces, aérea, de follaje, tallo y raíz principal, fue mayor en la planta más grande.

En la categoría más grande, la biomasa de las raíces laterales fue mayor en el área no quemada que en la quemada, posiblemente como respuesta a la mayor disponibilidad de nutrientes, provenientes de las cenizas, en el segundo caso, y ambos fueron a su vez superiores a las demás combinaciones de tratamientos. En relación a los nutrientes, el nitrógeno se vio reducido por efectos de la quema, dada su volatilización a temperaturas relativamente bajas.

Se concluye que, al primer año, no se muestran ventajas en el uso del fuego para preparar el sitio de plantación en las condiciones y con las características de planta estudiadas. Sin embargo, se recomienda continuar el estudio de esta plantación por lo menos un año más, pues en otros trabajos se ha observado que los efectos benéficos del fuego se pueden manifestar luego de un plazo más largo.

AGRADECIMIENTOS

A los Servicios Técnicos Forestales de la Sierra Norte de Puebla, por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Al Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago, Dr. Gil Vera Castillo, Ing. Reyes Bonilla Beas y al M.C. Enrique Guizar Nolazco, por sus valiosas aportaciones. A la División de Ciencias Forestales y a la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo otorgado.

LITERATURA CITADA

- AGEE, J. K. 1993. Fire ecology of Pacific Northwest forests. Island Press. Washington, D. C. Covelo, California. 493 p.
- ALEXANDER, M. E. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. Canadian Journal of Botany. 60: pp. 349-357.
- ÁNGELES P., G. 1995. Efecto de la vegetación competidora en el desarrollo inicial de *Pinus patula*. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 113 p.
- BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal. Limusa. México. 340 p.
- BORCHERS, J. G.; PERRY, D. A. 1990. Effects of prescribed fire on soil organisms. In: WALSTAD, J. D., RADOSEVICH, S. R., SANDBERG, D. V. (EDS.). Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests. Oregon State University Pres. Corvallis, OR. pp. 143-158.
- BRISSETTE, J. C.; CARLSON, W. C. 1987. Effects of nursery density on short leaf pine. In: Meeting the challenge of the nineties. Proc. Intermountain For. Nur. Assoc. Oklahoma City, Oklahoma, Aug. 10-14. pp. 36-41.
- CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. 1983. Fire in forestry. Vol. 1: Forest fire behavior and effects. John Wiley and Sons. New York. 450 p.
- DE BANO, L. F.; NEARY, D. G.; FFOLIOTT, P. F. 1998. Fire's effects on

- ecosystems. John Wiley & Sons. New York. 333 p.
- DURYEA, M. L. 1985. Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. (Ed.). Evaluating seedling quality: Principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Oregon. pp. 1-4.
- DURYEA, M. L. 1990. Nursey-fertilization and top pruning of slash pine seedlings. South. J. Appl. For. 14: 73-76.
- EGUILUZ P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo, Estado de México. 623 p.
- EVANS, J. 1996. Plantation forestry in the tropics. Oxford University Press. New York. 403 p.
- FIERROS G., A. M.; RODRIGUEZ T., D. A.; LEYVA, A. L.; VARGAS C., R.; SOSA C., V. Ejecución de proyectos de plantaciones. In: SOSA C., V. E.; FIERROS G., A. M. (COORDS). 2001. Curso de especialización en plantaciones forestales comerciales. Consultora Forestal y Agropecuaria S. A. de C. V. (CONFORA). México. pp. 71-246.
- GARCÍA DE M., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3ª ed. S. E. México, D.F. 252 p.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). 1984. Carta edafológica de Chignahuapan, Puebla. Escala 1:50 000. Clave: E14 B13.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. 1991. Seedling quality of southern pines. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (EDS). Forest regeneration manual. Kluwer. Netherlands. pp. 143-159.
- JOHNSON, J. D.; ZEDAKER, S. M.; HAIRSTON, A. B. 1985. Foliage, stem and root interrelations in young loblolly pine. Forest Sci. 31: 891-898.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. 1997. Growth control in woody plants. Academic Press. San Diego, California. 641 p.
- LANDSBERG, J. J.; GOWER, S.T. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press. San Diego, California. U.S.A. 354 p.
- MARTÍNEZ, M. 1992. Los pinos mexicanos. Ediciones Botas. 3ª ed. México, D.F. 361 p.
- MASTACHE M., A. 1988. Tratamientos complementarios al suelo en áreas de regeneración de *Pinus patula* en Chignahuapan-Zacatlán, Pue. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 45 p.
- MAYCOTTE M., C. C. 2002. Condiciones microambientales y fisiológicas en brinzales de *Pinus patula* Schl. et Cham., posterior a un incendio. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 79 p.
- MC NABB, D. H.; CROMACK JR., K. 1990. Effects of prescribed fire on soil organisms. In: WALSTAD, J. D.; RADOSEVICH, S. R.; SANDBERG, D. V. (EDS.). Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests. Oregon State University Press. Corvallis, OR. pp. 125-142.
- MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: ROSE, R., CAMPBELL, S. J.; LANDIS, T. D. (EDS.). Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. General Technical Report RM-200. pp. 17-36.
- PERRY, J. P. 1991. The Pines of México and Central América, Timber Press. Portland, Oregon, U.S.A. 231 p.
- PRITCHETT, W. S. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Limusa. México, D. F. 634 p.
- ROBBINS, L. E.; MYERS, R. L. 1992. Seasonal effects of prescribed burning in Florida: A review. Tall Timbers Research Station. Miscellaneous Publication 8. 96 p.
- RODRÍGUEZ T., D. A.; FULÉ, P. Z. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. International Journal of Wildland Fire 12: 23-37.
- RODRÍGUEZ T., D. A.; DURYEA, M. L.; WHITE, T. L.; ENGLISH, R.; MC GUIRE, J. 2003. Artificially regenerating longleaf pine in canopy gaps: initial survival and growth during a year of drought. Forest Ecology and Management 180: 25-36.
- RZEDOWSKI, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México, D. F. 431 p.
- SAS Institute Inc. 1997. SAS/STAT User's guide. Release 6.12 edition. Cary, NC. USA.
- VAN DEN DRIESSCHE, R. 1982. Relationship between spacing and nitrogen fertilization of seedlings in the nursery, seedling size and outplanting performance. Can. J. For. Res. 12: 865-875.
- VELA G., L.; HERNÁNDEZ, S. R. 1968. Influencia de la luz solar directa sobre el crecimiento de plantas de vivero de *Pinus patula* Schl. et Cham. y *Pinus montezumae* Lamb. Bol. Tec. No. 22. INIF México. 15 p.
- VELA G., L. 1980. Contribución a la ecología del *Pinus patula* Sch et Cham. Publicación especial No. 19. SARH-SFF. México. 109 p.
- VIRO, P. J. 1974. Effects of Forest Fire on Soil. In: KOZLOWSKI, T. T.; AHLGREN, C. E. (Eds.). Fire and ecosystems. Academic Press. New York. pp. 7-45.
- WRIGHT, H. A.; BAILEY, A. W. 1982. Fire ecology. United States and Southern Canada. John Wiley and Sons. New York. 501 p.